

**STUDI KINERJA TURBIN ANGIN SELUBUNG *DIFFUSER*  
SUMBU HORIZONTAL NACA 4412 *TAPERLESS***



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata  
I pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**DANANG SETYO PRABOWO**

**NIM : D 200 120 027**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2017**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**"STUDI KINERJA TURBIN ANGIN SELUBUNG *DIFFUSER* SUMBU  
HORIZONTAL NACA 4412 *TAPERLESS*"**

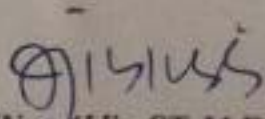
***PUBLIKASI ILMIAH***

*Disusun oleh :*

**DANANG SETYO PRABOWO**  
**NIM : D 200 120 027**

*Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :*

***Dosen Pembimbing***

  
**(Nur Akli, ST, M.Eng)**

HALAMAN PENGESAHAN

"STUDI KINERJA TURBIN ANGIN SELUBUNG *DIFFUSER* SUMBU  
HORIZONTAL NACA 4412 *TAPERLESS*"

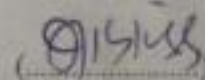
oleh :

**DANANG SETYO PRABOWO**  
NIM : D 200 120 027

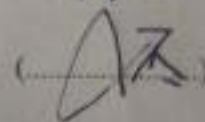
*Telah disetujui dan dipertahankan dihadapan Dewan penguji  
Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari sabtu, 16 Desember 2017  
dan dinyatakan memenuhi syarat*

Dewan Penguji :


1. Nur Akli, ST., M. Eng  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Subroto, MT  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Tri Tjahjono, MT  
(Anggota II Dewan Penguji)

()

()

()

Dekan Fakultas Teknik

  
(Ir. H. Sri Sunarjono, MT, Ph.D)

## HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

*Surakarta, 16 Desember 2017*

*Yang menyatakan,*



**DANANG SETYO PRABOWO**

**D200120027**

## **STUDI KINERJA TURBIN ANGIN SELUBUNG *DIFFUSER* SUMBU HORIZONTAL NACA 4412 *TAPERLESS***

### **ABSTRAK**

Pemanfaatan energi angin di Indonesia masih rendah, hal ini disebabkan rata-rata kecepatan angin berkisar 2 - 6 m/s. Dengan menggunakan selubung diffuser dapat meningkatkan kecepatan angin disekitar rotor turbin angin. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh selubung diffuser pada turbin angin. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen perbandingan turbin angin biasa dengan turbin angin selubung diffuser. Spesifikasi turbin angin memiliki rotor berdiameter 2,5 m, menggunakan airfoil NACA 4412 taperless dan spesifikasi diffuser yang digunakan memiliki lebar 0,565 m, diameter inlet 2,7 m, dan diameter outlet 2,91 m. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa turbin angin diffuser memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap perolehan daya dan coefficient of power pada kecepatan angin 3 – 6 m/s. Selisih coefficient of power turbin angin selubung diffuser mencapai 40 kali dari turbin angin biasa pada kecepatan angin 3 m/s, dikarenakan perbedaan cut in speed turbin angin selubung diffuser.

Kata kunci : Airfoil, *Cut in Speed*, *Coefficient of Power*, NACA, *Taperless*

### ***ABSTRACT***

Utilization of wind energy in Indonesia is still low, this is due to average of wind speeds between range 2 to 6 m / s. Using a diffuser shroud can increase the wind speed around the wind turbine rotor. The purpose of this research is to know the effect of shrouds diffuser on wind turbine. This research used the experimental method of comparison between ordinary wind turbine and shrouds diffuser wind turbine. The specification of wind turbine has a 2.5 m diameter's rotor, using NACA 4412 airfoil taperless and diffuser specification used has a width of 0.565 m, a 2.7 m inlet diameter, and has outlet diameter of 2.91 m. The results of this research represent that diffuser wind turbine has a significant influence on power acquisition and has coefficient of power at wind speed 3 - 6 m / s. The deviation coefficient of wind turbine diffuser shroud reaches 40 times than ordinary wind turbine at a wind speed of 3 m / s, due to the difference in cut in speed on the wind turbine shrouds diffuser.

Keywords: Airfoil, *Cut in Speed*, *Coefficient of Power*, NACA, *Taperless*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di Indonesia permintaan energi listrik terus meningkat tiap tahunnya, namun hal ini tidak diimbangi oleh peningkatan pembangkit energi listrik. Sebagian besar pembangkit listrik menggunakan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui dan tidak ramah lingkungan. Dalam kurun waktu 5 tahun yang akan datang, membutuhkan tambahan energi listrik 35.000 MW (ESDM, 2015). Namun data dari PLN *statistic and Electricity Statistic, Directorate of Electricity* hingga tahun 2015, penggunaan energi angin 3,5 MW. Menurut data dari LIPI dengan kecepatan angin berkisar 2-6 m/s, dapat menghasilkan energi listrik 10 – 100 KW untuk kapasitas kecil, sehingga pemenuhan energi listrik dapat terbantuan dengan penggunaan energi angin.

Di berbagai negara perkembangan teknologi turbin angin sebagai pembangkit listrik sangat efektif untuk memenuhi kebutuhan permintaan energi listrik. Berbagai inovasi mengenai model dan jenis turbin angin bertujuan untuk meningkatkan efisiensi turbin angin. Salah satu inovasi dari turbin angin adalah menggunakan *diffuser*. Penggunaan *diffuser* di sekitar rotor berfungsi meningkatkan kecepatan aliran di sekitar rotor, sehingga putaran rotor semakin meningkat.

Penggunaan *diffuser* di sekitar rotor berfungsi meningkatkan kecepatan aliran di sekitar rotor, sehingga putaran rotor semakin meningkat. Keuntungan menggunakan *diffuser* adalah daya maksimum teoritis dari turbin angin dengan *diffuser* tidak dibatasi oleh teori dari Betz limit, dan berhubungan dengan perbedaan tekanan kecepatan aliran di sekitar *diffuser*.

Kirke,B (2005). Fakta akan keuntungan kinerja substansial yang diwujudkan dengan penggunaan *diffuser* pada turbin angin di akui ditahun 1956. Studi yang dilakukan oleh Lilley dan Rainbird (1956), menunjukan dengan penambahan *diffuser*, dapat menghasilkan daya hingga dua kali lebih besar dibandingkan dengan tanpa *diffuser* dengan diameter rotor yang sama.

*Wind-lens* adalah pengembangan dari sistem turbin angin *diffuser* yang baru, turbin angin ini menggunakan *flange diffuser shroud*. *Wind-lens* dapat menghasilkan daya yang lebih besar pada daerah yang memiliki kecepatan angin yang rendah. Pengujian turbin angin dengan *wind-lens* menggunakan generator dengan daya 5 kW dan diameter rotor 2,5 meter menghasilkan daya maksimal 3 kW pada kecepatan angin 10 m/s, sedangkan pengujian turbin angin tanpa *wind-lens* menghasilkan daya maksimal 1,2 kW pada kecepatan angin 10 m/s (Ohya, 2010).

Menurut Khatzuiko (2012) turbin dengan *Flange diffuser shroud* yang dipanggil “*wind- lens turbine*” dikembangkan sebagai salah satu turbin angin dengan performa yang tinggi. Turbin angin adaptasi dari Yuji Ohya. Kinerja turbin angin ini di uji baik untuk kondisi angin stabil dan tidak stabil. Turbin angin dengan *wind- lens turbine* menunjukan efisiensi yang lebih tinggi daripada turbin angin konvensional. Hasil turbin angin *compact-type* menunjukan koefisien daya 0,4 dengan TSR 3,5 sedangkan dari hasil pengujian turbin angin biasa menunjukan koefisien daya 0,28 dengan TSR 2,6.

Untuk mengetahui pengaruh dari flanger *diffuser* agar menghasilkan bilah turbin yang dinamis perlu dilakukan pengujian pada lorong angin. Hasil pengujian lorong angin oleh Wang pada tahun 2015, pengujian lorong angin pertama dengan *diffuser* pada kecepatan 11,5 m/s dan kemiringan 0° adalah 780 rpm, pengujian tanpa flange *diffuser* pada kecepatan 11,5 m/s dan kemiringan 0° adalah 540 rpm. Pengujian lorong angin kedua dengan *diffuser* pada kecepatan 11,5 m/s dan kemiringan 15° adalah 760 rpm, pengujian tanpa flange *diffuser* pada kecepatan 11,5 m/s

dan kemiringan  $15^0$  adalah 530 rpm. Pengujian ketiga dengan *diffuser* pada kecepatan 11,5 m/s dan kemiringan  $30^0$  adalah 650 rpm, pengujian tanpa flange *diffuser* pada kecepatan 11,5 m/s dan kemiringan  $30^0$  adalah 460 rpm Wang (2015).

Semakin banyaknya kebutuhan akan energi listrik dan inovasi untuk menghasilkan energi listrik dari turbin. Inovasi turbin dengan *diffuser* yang menghasilkan daya lebih besar berdasarkan penelitian sebelumnya, peneliti akan membandingkan turbin angin *diffuser* dan tanpa *diffuser* untuk mengetahui perbedaan daya yang dihasilkan, penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui putaran yang dihasilkan turbin angin dengan penambahan selubung *diffuser* dan mengetahui keluaran daya yang dihasilkan turbin angin dengan penambahan selubung *diffuser*. Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh *diffuser*. Desain *diffuser* yang digunakan dalam penelitian, mengacu pada penelitian Ohya (2010), dengan spesifikasi *diffuser* yang digunakan memiliki lebar 565 mm, diameter masuk(*inlet*) 2700 mm, dan diameter keluar(*outlet*) 2910 mm. Diameter rotor 2,5 m dan menggunakan *airfoil* NACA 4412 dengan bentuk blade *taperless* ( lebar *chord line* dari pangkal sama sampai ke ujung), turbin ini berjenis *downwind* memiliki rotor yang membelakangi arah datang angin.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

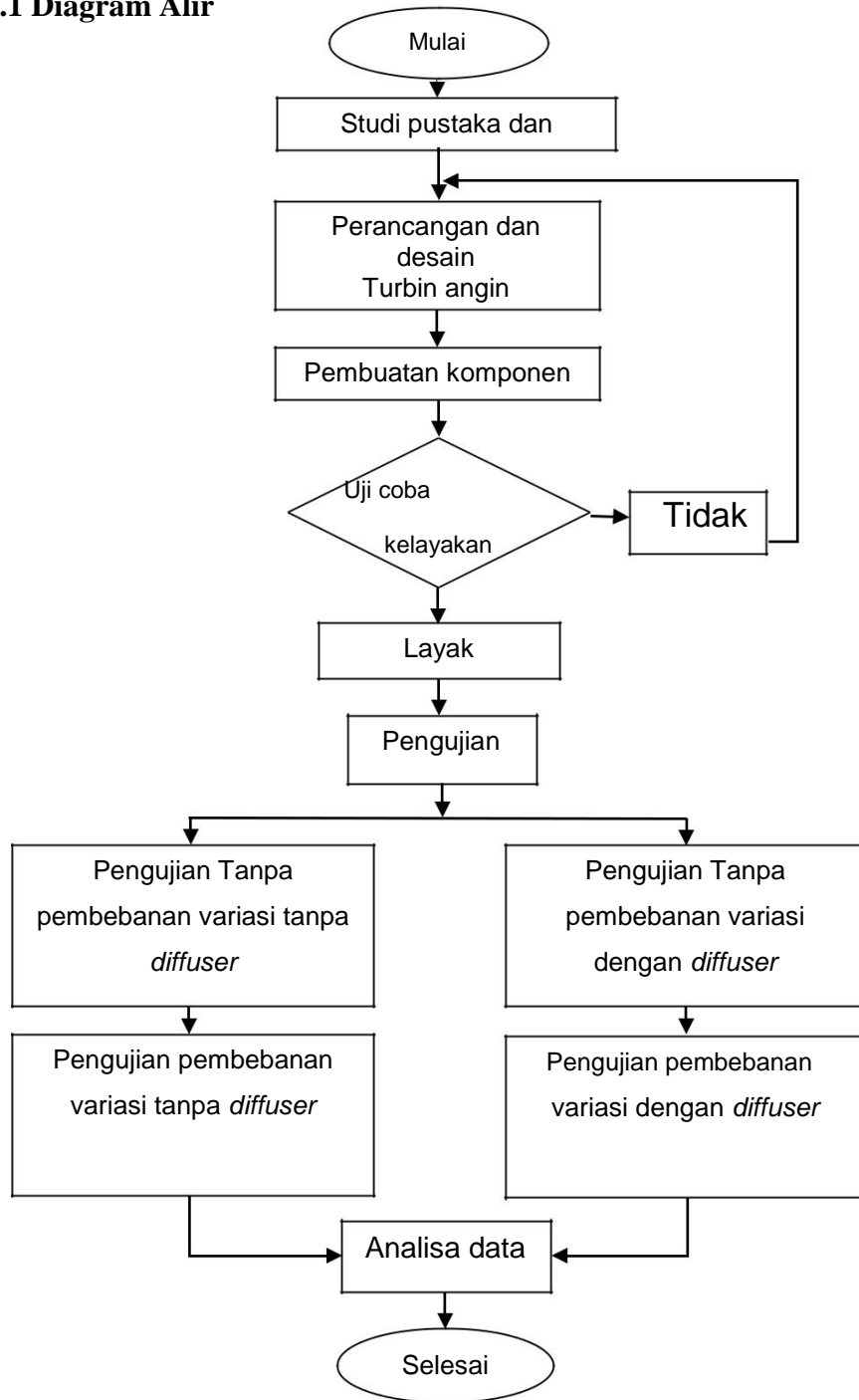
Pada penelitian ini bertujuan untuk membandingkan turbin angin dengan *diffuser* dan tanpa *diffuser*. Perancangan turbin angin ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu perancangan, pembuatan dan pengujian.

Berikut ini adalah uraian dari tahap perancangan turbin angin *diffuser*:

1. Menentukan Spesifikasi awal dari awal turbin yang dirancang, meliputi profil *airfoil* NACA yang akan digunakan, model dan jenis turbin angin
2. Membuat desain perancangan turbin angin dengan *solidwork* meliputi desain *diffuser*, dan model turbin angin
3. Membuat komponen turbin angin meliputi pembuatan bilah, *diffuser*, dudukan generator.
4. Melakukan pengujian kinerja turbin angin.
5. Analisa data dari pengujian turbin angin.



## 2.1 Diagram Alir



**Gambar 1. Diagram Alir Penelitian**

## 2.2. Perancangan Turbin Angin

### 2.2.1. Spesifikasi Turbin Angin

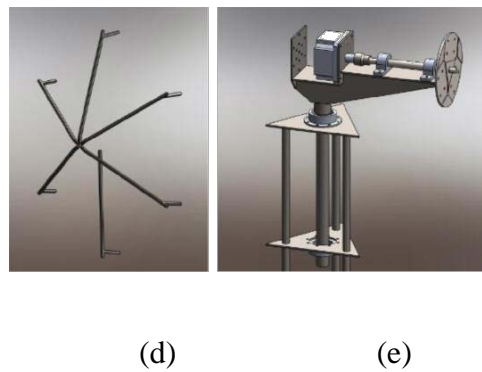
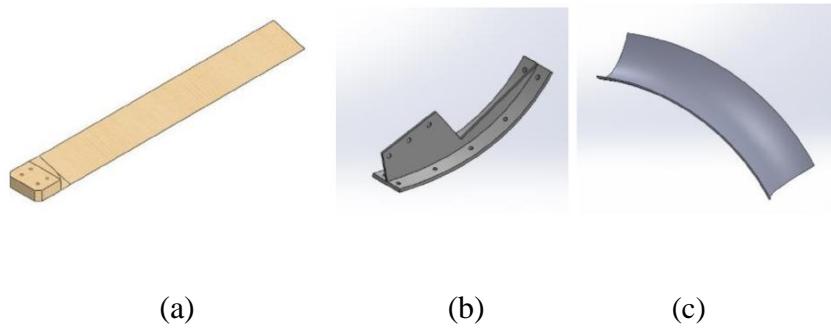
**Tabel 2.1. Spesifikasi turbin angin.**

Jenis dan model turbin angina	Turbin angin sumbu horisontal tipe <i>downwind</i> (tanpa ekor).
Diameter turbin angin	2,5 meter
Jumlah bilah	3 Bilah
<i>Airfoil</i>	NACA 4412 ( <i>Taperless</i> )
Kapasitas daya maksimal	2000 watt
Variasi pengujian	Variasi tanpa selubung <i>diffuser</i> Variasi dengan selubung <i>diffuser</i>
Beban lampu	36 volt 100 watt
Tinggi tiang turbin angin	6 meter

### 2.2.2. Desain Perancangan Turbin Angin

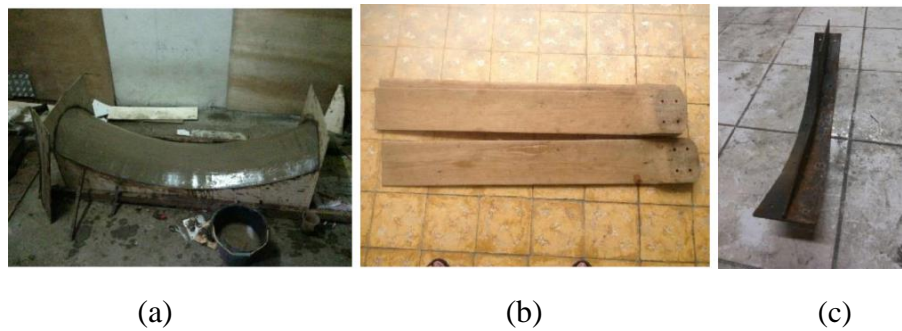


**Gambar 2. Desain turbin angin dengan *diffuser* dengan desain turbin angin tanpa *diffuser***



**Gambar 3. (a) Bilah (b) Hub *diffuser* (c) *Diffuser*  
(d) Penyangga *diffuser* (e) Rangka turbin set**

### 2.3. Pembuatan Komponen Turbin Angin

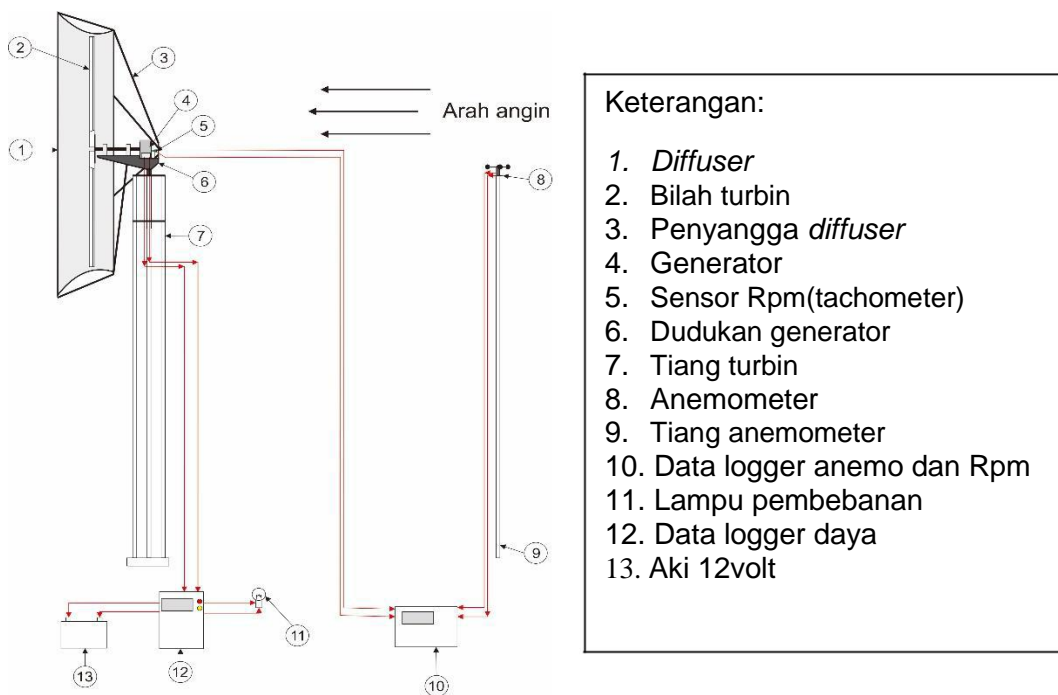


**Gambar 4. Mold *diffuser* (b) Blade (c) Hub *diffuser* (d) *Diffuser*  
(e) penyangga *diffuser* (f) Rangka turbin set**

## 2.4. Peralatan Pengujian

1. Satu set data logger anemometer dan rpm yang berfungsi untuk merekam kecepatan angin dan putaran turbin
2. Data logger Daya untuk merekam data voltase, arus, dan daya
3. Lampu 12 volt 35 watt sebagai beban
4. Aki 12 volt sebagai power supply data logger

## 2.5. Instalasi Pengujian



Gambar 5 Skema Pengujian

Gambar 5. menunjukan instalasi alat pengujian, selain komponen yang telah disebutkan di atas dalam pengujian ini memerlukan beberapa alat dan bahan pendukung antara lain alat-alat perkakas, solder, multimeter, oli pelumas, sekop, cangkul dan tali pancang.

## 2.6. Proses pengujian

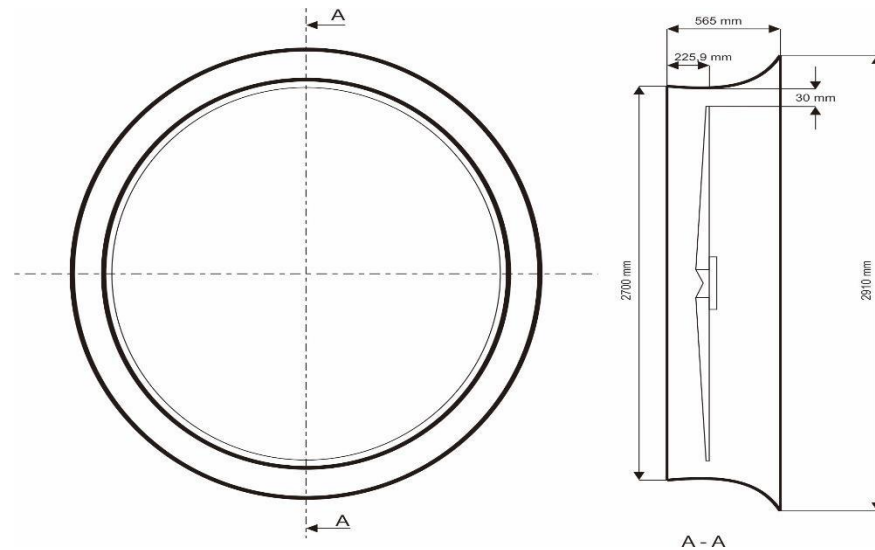
Adapun tahapan pengujian sebagai berikut :

1. Mempersiapkan dan memasang komponen turbin angin yang akan digunakan dan memastikan semua terpasang dengan benar.
2. Mempersiapkan data logger daya, dan data logger anemometer dan tachometer.

3. Setelah semua siap menyalakan data logger daya dan data logger anemometer dan tachometer.
4. Mengulangi percobaan untuk variasi dengan pembebanan dengan cara menghubungkan lampu beban dengan keluaran generator.
5. Mengulangi langkah nomor 1 sampai 4 untuk pengujian tanpa selubung *diffuser*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil *diffuser*

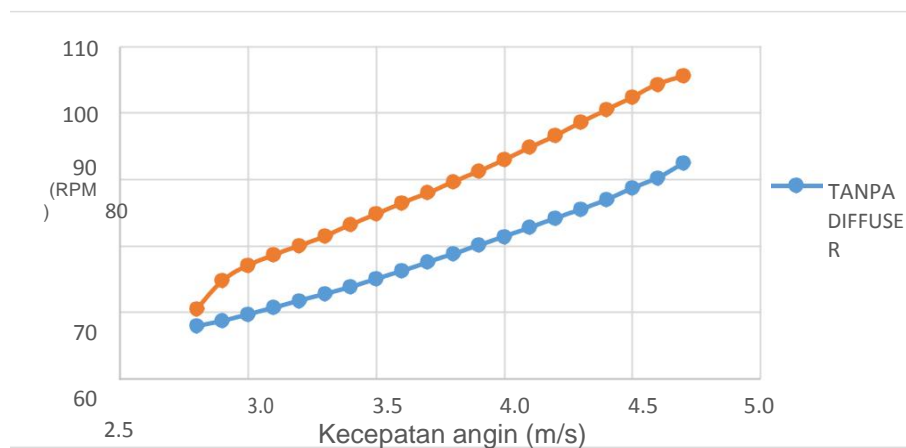


**Gambar 6.** spesifikasi desain selubung *diffuser*

Pada gambar 6 adalah desain selubung *diffuser* yang peneliti pakai dalam pengujian turbin angin. Spesifikasi *diffuser* yang dipakai memiliki lebar 565 mm, diameter masuk(*inlet*) 2700 mm, dan diameter keluar(*outlet*) 2910 mm.

#### 3.2 Hasil Data dan Pembahasan

3.2.1 Perbandingan kinerja turbin angin tanpa pembebanan pada variasi tanpa selubung *diffuser* dengan selubung *diffuser*.



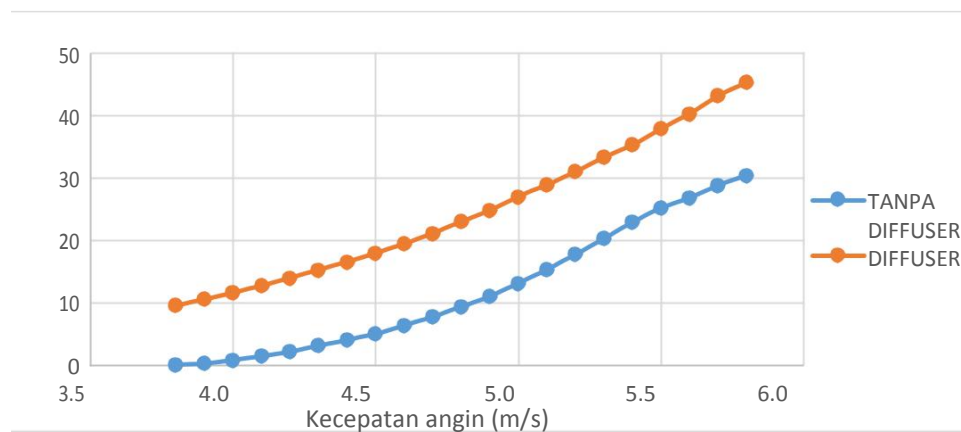
**Gambar 7.** Perbandingan kinerja turbin angin tanpa pembebanan pada variasi tanpa selubung *diffuser* dengan selubung *diffuser*.

Pada gambar 7 menunjukkan perbandingan data hasil uji kinerja turbin angin antara variasi tanpa *diffuser* dengan variasi menggunakan *diffuser*, untuk variasi tanpa selubung *diffuser* data putaran turbin tanpa pembebanan, pada saat kecepatan angin rata-rata 2,8 m/s putaran turbin adalah 67,9 rpm sedangkan pada saat kecepatan angin rata-rata 4,7 m/s perolehan putaran turbin adalah 92,5 rpm. Sedangkan untuk variasi dengan *diffuser* menunjukkan data putaran turbin tanpa pembebanan, pada saat kecepatan angin rata-rata 2,8 m/s putaran turbin adalah 70,5 rpm sedangkan pada saat kecepatan angin rata-rata 4,7 m/s perolehan putaran turbin adalah 105,6 rpm.

Hasil perbandingan diatas menunjukkan keunggulan penggunaan *diffuser* pada turbin angin berselubung *diffuser*. Studi peneletian yang dilakukan oleh Brian Kirke pada tahun 2005, menjelaskan perbedaan aliran *stream tube* antara kincir angin konvensional dengan kincir angin berselubung *diffuser*.

Jadi pemakaian selubung *diffuser* disekitar rotor meningkatkan laju aliran udara yang melalui daerah tersebut, sehingga kecepatan angin di sekitar rotor meningkat dan berbanding lurus dengan perolehan putaran turbin angin.

### 3.2.2 Perbandingan kinerja turbin angin pembebanan pada variasi tanpa selubung *diffuser* dengan selubung *diffuser*.



**Gambar 8. Perbandingan kinerja turbin angin dengan pembebanan pada variasi tanpa selubung *diffuser* dengan selubung *diffuser*.**

Pada gambar 8 diatas menunjukkan perbandingan data hasil uji kinerja turbin angin antara variasi tanpa *diffuser* dengan variasi menggunakan *diffuser*, untuk variasi tanpa selubung *diffuser* data perolehan daya turbin pada saat kecepatan angin rata-rata 3,8 m/s perolehan daya turbin 0,04 watt sedangkan pada saat kecepatan angin rata-rata 5,8 m/s perolehan daya turbin adalah 30,43 watt. Sedangkan untuk variasi dengan *diffuser* menunjukkan data perolehan daya turbin pada saat kecepatan angin rata-rata 3,8 m/s perolehan daya turbin 9,5 watt sedangkan pada saat kecepatan angin rata-rata 5,8 m/s perolehan daya turbin adalah 45,36 watt.

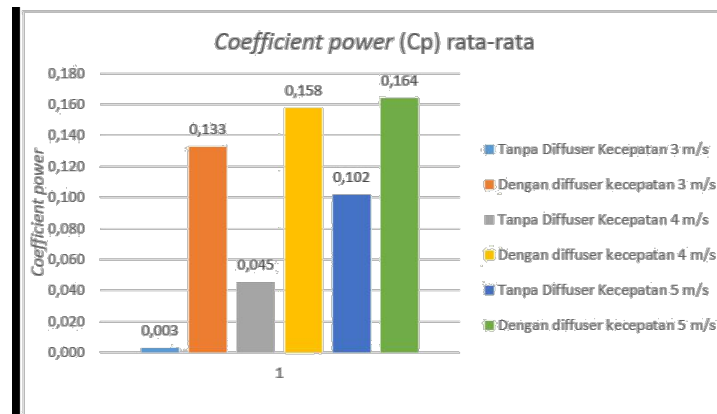
Hasil perbandingan perolehan daya diatas menunjukkan keunggulan penggunaan *diffuser* pada turbin angin berselubung *diffuser*. Fakta keunggulan kinerja turbin angin berselubung *diffuser* ini di akui oleh para peneliti dunia pada tahun 1950. Studi penelitian yang dilakukan oleh Lilley dan Rainbird menunjukkan bahwa penambahan selubung *diffuser* pada turbin angin, dapat menghasilkan daya hingga dua kali lebih besar dibandingkan dengan turbin angin konvensional dengan diameter yang sama.

3.2.3 *Coefficient power* rata-rata pada variasi tanpa selubung *diffuser* dan variasi dengan selubung *diffuser*.

**Tabel. 3.1 Data rata-rata pengujian tiap kecepatan angin**

		Kecepatan angin 3 m/s	Kecepatan angin 4 m/s	Kecepatan angin 5 m/s
Tanpa <i>diffuser</i>	voltase	0,35 volt	2,86 volt	7,79 volt
	Arus	0,34 ampere	1,60 ampere	2,28 ampere
	Daya	0,15 watt	5,07 watt	22,3 watt
Dengan <i>diffuser</i>	voltase	6,40 volt	12,61 volt	19,46 volt
	Arus	0,95 ampere	1,38 ampere	1,79 ampere
	Daya	6,26 watt	17,61 watt	35,78 watt





**Gambar 9.** *Coefficient power* pada berbagai variasi tanpa selubung *diffuser* dan dengan selubung *diffuser*.

Pada gambar diatas *coefficient of power* rata-rata tiap kecepatan angin 3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s. Pada variasi tanpa selubung *diffuser* yaitu 0.003, 0.045, dan 0.102 sedangkan untuk variasi dengan selubung *diffuser* yaitu 0.133, 0.158, dan 0.164. Dari hasil perbandingan diatas dapat dilihat keunggulan penggunaan *diffuser* pada turbin angin, karena perbedaan *stream tube* antara turbin angin konvensional dan turbin angin *diffuser*. Turbin angin dengan *diffuser* meningkatkan laju aliran disekitar rotor sehingga putaran rotor lebih tinggi dibandingkan dengan turbin angin konvensional. Namun penggunaan *diffuser* memiliki batas efektifitas, hal ini dapat dilihat pada kurva *coefficient of power* pada kecepatan angin 3 m/s. Selisih *coefficient of power* turbin angin *diffuser* mencapai 40 kali dari turbin angin konvensional, dikarenakan perbedaan *cut in speed* turbin angin. Semakin tinggi kecepatan berbanding lurus dengan penurunan *coefficient of power* antara turbin angin konvensional dengan turbin angin *diffuser*.

#### 4 PENUTUP

pengujian kinerja turbin angin selubung *diffuser* dengan membandingkan turbin angin biasa dengan turbin angin selubung *diffuser*. Rotor berdiameter 2.5 m dengan material kayu jati, menggunakan airfoil NACA 4412, TSR (*Tip Speed Ratio*) sebesar 7. Hasil pengujian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. kecepatan putar rotor turbin angin selubung *diffuser* lebih tinggi dibandingkan kecepatan putar rotor turbin angin biasa, selisih putaran rotor turbin angin semakin membesar seiring meningkatnya kecepatan angin.
2. Daya yang dihasilkan turbin angin selubung *diffuser* lebih tinggi dibandingkan dengan turbin angin biasa, selisih daya turbin angin biasa dengan turbin angin selubung *diffuser* hampir 2 kali.
3. Perbedaan *coefficient of power* ( $C_p$ ) yang dihasilkan turbin angin biasa dengan turbin angin selubung *diffuser* pada kecepatan 3 m/s mencapai 40 kali, seiring meningkatnya kecepatan angin perbedaan *coefficient of power* ( $C_p$ ) turbin angin biasa dengan turbin angin selubung *diffuser* semakin mengecil.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Erich Hau, *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics*, 2<sup>nd</sup> Edition, terjemahan Horst von Renuard, Springer, Germany, 2005
- Kazuhiko Toshimitsu, dkk. 2012, *Experimental Investigation of Performance of the Wind Turbine with the Flange-Diffuser Shroud in Sinusoidally Oscillating and Fluctuating Velocity Flows*, Oita National College of Technology
- Kirke, B. 2005, *develoopment in ducted water current turbines*. U. Of South Australia.
- Lilley, G.M.; Raindbird, W.I. 1956, *A preliminary report on the design and performance of ducted windmills*; Report No. 102; College of Aeronautics: Cranfield, UK.
- Ohya, Y., 2010, *A Shrouded Wind Turbine Generating High Output Power with Wind-lens Technology*, Kyushu University
- Wang X., dkk. 2015, *Experimental Investigation into the Influence of the Flange Diffuser on the Dynamic behavior of CFRP Blade of a Shrouded Wind Turbine*, Kyushu University